

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
15. Januar 2004 (15.01.2004)

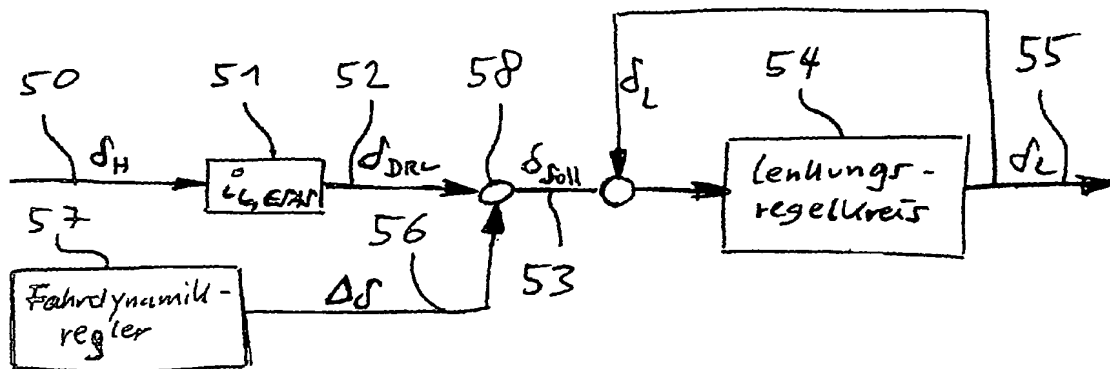
PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2004/005111 A1

- (51) Internationale Patentklassifikation⁷: B62D 5/04 (72) Erfinder; und
(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): BÖHM, Jürgen
[DE/DE]; Im Bangert 8, 65558 Oberneisen (DE).
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/007107 (74) Gemeinsamer Vertreter: CONTINENTAL TEVES AG
& CO.OHG; Guerickestrasse 7, 60488 Frankfurt am Main
(DE).
- (22) Internationales Anmeldedatum:
3. Juli 2003 (03.07.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch (81) Bestimmungsstaaten (national): JP, US.
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch (84) Bestimmungsstaaten (regional): europäisches Patent (AT,
BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR,
HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR).
- (30) Angaben zur Priorität:
102 30 265.0 5. Juli 2002 (05.07.2002) DE
103 28 752.3 25. Juni 2003 (25.06.2003) DE
- Veröffentlicht:
— mit internationalem Recherchenbericht
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): CONTINENTAL TEVES AG & CO.OHG
[DE/DE]; Guerickestrasse 7, 60488 Frankfurt am Main
(DE).
- Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Ab-
kürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Co-
des and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der
PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: METHOD FOR STEERING A VEHICLE WITH SUPERIMPOSED STEERING

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM LENKEN EINES FAHRZEUGS MIT EINER ÜBERLAGERUNGSLENKUNG



54 STEERING CONTROL CIRCUIT
57 DYNAMIC OPERATION REGULATOR

(57) Abstract: The invention relates to a method for steering a vehicle with a superimposed steering system, wherein a steering angle inputted by the driver and an additional angle (additional steering angle) are determined and wherein the inputted steering angle can be superimposed by the additional steering angle according to other variables, more particularly dynamic operating parameters, by means of an electric motor. The invention is characterized in that the method comprises a steering angle control with a secondary power or engine torque regulation of the electric motor.

(57) Zusammenfassung: Ein Verfahren zum Lenken eines Fahrzeugs mit einem Überlagerungslenkungssystem, bei dem ein vom Fahrer eingegebener Lenkwinkel und ein weiterer Winkel (Zusatzlenkwinkel) ermittelt wird und bei dem der eingegebene Lenkwinkel durch den Zusatzlenkwinkel nach Maßgabe weiterer Größen, insbesondere fahrdynamischer Größen, mittels eines Elektromotors überlagert werden kann, ist dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren eine Lenkwinkelregelung mit unterlagelter Strom- bzw. Motormomentenregelung des Elektromotors aufweist.

Verfahren zum Lenken eines Fahrzeugs mit einer Überlagerungslenkung

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Lenken eines Fahrzeugs mit einem Überlagerungslenkungssystem, bei dem ein vom Fahrer eingegebener Lenkwinkel und ein weiterer Winkel (Zusatzlenkwinkel) ermittelt wird und bei dem der eingegebene Lenkwinkel durch den Zusatzlenkwinkel nach Maßgabe weiterer Größen, insbesondere fahrdynamischer Größen, mittels eines Elektromotors überlagert werden kann.

Heutige Kraftfahrzeuge, insbesondere Personenkraftwagen, sind in der Regel mit hydraulischen oder elektrohydraulischen Servolenkungen ausgestattet, bei denen ein Lenkrad mechanisch mit den lenkbaren Fahrzeugrädern zwangsgekoppelt ist. Die Servounterstützung ist derart aufgebaut, dass im Mittelbereich des Lenkmechanismus Aktuatoren, z.B. Hydraulikzylinder, angeordnet sind. Durch eine von den Aktuatoren erzeugte Kraft wird die Betätigung des Lenkmechanismus in Reaktion auf die Drehung des Lenkrads unterstützt. Dadurch ist der Kraftaufwand des Fahrers beim Lenkvorgang verringert.

Überlagerungslenkungen sind bekannt. Sie sind dadurch charakterisiert, dass dem vom Fahrer eingegebenen Lenkwinkel bei Bedarf ein weiterer Lenkwinkel (Zusatzlenkwinkel) durch einen Aktuator überlagert werden kann. Es werden üblicherweise elektrische Aktuatoren verwendet, die auf ein Überlagerungsgetriebe wirken und den

Zusatzlenkwinkel weitgehend unabhängig vom Fahrer einstellen.

Der zusätzliche Lenkwinkel wird durch einen elektronischen Regler gesteuert und dient beispielsweise zur Erhöhung der Stabilität und Agilität des Fahrzeugs. Nach einem bekannten Regelungskonzept, wie es in der DE 197 51 125 A1 beschrieben wird, werden die Lenkanteile des überlagerten Lenkwinkels unabhängig von einander gebildet.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren zum Lenken eines Fahrzeugs mit einer Überlagerungslenkung bereitzustellen, welches sicher und zuverlässig arbeitet.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass das Verfahren eine Lenkwinkelregelung mit unterlagerter Strom- bzw. Motormomentenregelung des Elektromotors aufweist.

Dabei wird vorzugsweise ein Soll-Strom bzw. ein Soll-Motormoment erzeugt, durch den der Elektromotor einen zusätzlichen Lenkwinkel in das Lenkungssystem einbringt. Durch den der Lenkungsbetätigung überlagerten Winkel wird der gewünschte Lenkwinkel und damit auch der von weiteren Fahrzeugregelungssystemen ggf. zusätzlich geforderte Zusatzlenkwinkel eingestellt.

Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass ein Lenkwinkel-Istwert und ein Lenkwinkel-Sollwert ermittelt wird und nach Maßgabe eines Vergleichs zwischen dem Lenkwinkel-Istwert und dem Lenkwinkel-Sollwert ein Soll-Strom oder ein Soll-

Motormoment erzeugt wird, durch den der Elektromotor den Zusatzlenkwinkel in das Lenkungssystem einbringt.

Eine vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens besteht darin, dass auf Grundlage eines vom Fahrer eingestellten Lenkradwinkels δ_H ein Fahrerlenkwunsch δ_{DRV} ermittelt wird, wobei der Fahrerlenkwunsch δ_{DRV} aus dem eingestellten Lenkradwinkel δ_H sowie einem fest oder variabel vorgebbaren Getriebübersetzungsfaktor gebildet wird und der Getriebübersetzungsfaktor entsprechend der gegenwärtigen Fahrsituation, insbesondere einer erfassten Fahrzeuglängsgeschwindigkeit und/oder einem Lenkradeinschlagwinkel gewählt wird, und dass auf Grundlage des so berechneten Fahrerlenkwunsches ein Lenkwinkel-Sollwert δ_{soll} ermittelt wird und der Lenkungsregelung zugeführt wird.

Nach einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist es vorgesehen, dass der Fahrerlenkwinkel δ_H ermittelt wird und in Verbindung mit einem Übersetzungsfaktor i_{L1} , mit dem der Fahrerlenkwinkel direkt auf das Lenkgetriebe wirkt, additiv überlagert wird mit einem Zusatz-Lenkwinkel δ_M in Verbindung mit einer zweiten Übersetzung i_{L2} und dass ein überlagerter Lenkwinkel δ_L ermittelt wird und als Istwert $\delta_{L,ist}$ der Lenkungsregelung zugeführt wird, wobei der überlagerte Lenkwinkel δ_L ermittelt wird gemäß folgender Formel:

$$\delta_L = i_{L1} \cdot \delta_H + i_{L2} \cdot \delta_M$$

Es ist nach der Erfindung vorgesehen, dass eine Fahrdynamikregelung (ESP-System) mit der Lenkungsregelung zusammenwirkt und dass ein zusätzlicher fahrdynamikabhängiger Lenkwinkel $\Delta\delta$ ermittelt wird, wenn die Notwendigkeit eines stabilisierenden Eingriffs von der Fahrdynamikregelung erkannt wird.

Vorzugsweise wird der auf Grundlage eines korrigierenden Eingriffs eines Fahrdynamikreglers erzeugte zusätzliche fahrdynamikabhängige Lenkwinkel $\Delta\delta$ dem Fahrerlenkwunsch δ_{DRV} additiv überlagert.

Insbesondere bei hochdynamischen Fahrsituationen wird die Regelung der Überlagerungslenkung durch diese Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Verfahrens verbessert.

Unter dem Begriff „hochdynamische Fahrsituation“, sind alle Fahrsituationen mit einer relativ raschen Änderung der Fahrzeugrichtung und/oder der Fahrzeuggeschwindigkeit zu verstehen, die zu einer Instabilität des Fahrzeugs bzw. der gewünschten Fahrzeugbewegung führen können. Viele Fahrer sind bei Fahrsituationen im fahrdynamischen Grenzbereich, wie Schleudermanövern, bezüglich eines angebrachten Lenkverhaltens überfordert.

Es ist nach der Erfindung vorgesehen, dass auf Grundlage der Serienlenkübersetzung $i_{L, \text{serie}}$ und durch einen lenkradwinkelabhängigen Verstärkungsfaktor K_1 und einen fahrzeuggeschwindigkeitsabhängigen Verstärkungsfaktor K_2 eine resultierende Lenkübersetzung $i_{L, \text{ESAS}}$, die dem

Verhältnis der gelenkten Räder δ_V zum Fahrerlenkwinkel δ_H entspricht, ermittelt wird nach folgender Formel:

$$i_{L,ESAS} = \delta_V / \delta_H = i_{L,serie} / (K1 * K2)$$

Erfindungsgemäß ist es vorgesehen, dass eine Vorsteuerung der Sollgeschwindigkeit des Motors $\omega_{M,soll}$ vorgenommen wird, die aus einer Motordrehzahl-Vorgabe $\omega_{M,vor}$ und einer Motordrehzahl-Sollvorgabe $\omega_{M,reg}$ ermittelt wird, wobei die Motordrehzahl-Sollvorgabe $\omega_{M,reg}$ auf Grundlage eines Vergleichs eines Lenkwinkel-Sollwerts $\delta_{L,soll}$ mit einem ermittelten Lenkwinkel-Istwerts $\delta_{L,ist}$ ermittelt wird und die Motordrehzahl-Vorgabe $\omega_{M,vor}$ aus der zeitlichen Ableitung des Lenkwinkel-Sollwerts $\delta_{L,soll}$ und des Fahrerlenkwinkels δ_H sowie einem Übersetzungsfaktor i_{L2} durch folgende Formel ermittelt wird:

$$\omega_{M,vor} = (\dot{\delta}_{L,soll} - i_{L1} \dot{\delta}_H) / i_{L2}$$

Erfindungsgemäß wird die Regelung des Motors der Überlagerungslenkung durch ein Computerprogramm realisiert, das geeignete Programmschritte für die Durchführung des beschriebenen Verfahrens aufweist.

Die Aufgabe wird auch durch eine Lenkung für ein Fahrzeug gelöst, mit einem an einer Lenksäule angeordneten Lenkrad, mit einem Lenkgetriebe, einem an der Lenksäule angeordneten Drehwinkelsensor, einem über ein Überlagerungsgetriebe auf die Lenksäule wirkenden Überlagerungsmotor, einem

elektrischen Lenksteller, einem Sensor zur Messung der Stellung der gelenkten Räder und mit einem Lenkungs-Steuergerät, bei welcher Lenkung das Lenkungs-Steuergerät Mittel zur Durchführung des zuvor beschriebenen Verfahrens nach der Erfindung aufweist.

Ausführungsbeispiele des erfindungsgemäßen Verfahrens sind in Abbildungen (Fig.1 und Fig.5) dargestellt und nachfolgend beschrieben.

Es zeigen:

Fig.1 ein Blockschaltbild der Grundstruktur des erfindungsgemäßen Verfahrens,

Fig.2 ein Blockschaltbild der Struktur des erfindungsgemäßen Verfahrens, und

Fig.3 ein Blockschaltbild für die erfindungsgemäße Ermittlung eines Sollwerts und eines Istwerts als Eingangsgrößen der Lenkwinkelregelung,

Fig.4 ein Blockschaltbild für die erfindungsgemäße Ermittlung eines Sollwerts und eines Istwerts als Eingangsgrößen der Lenkwinkelregelung,

Fig.5 ein Blockschaltbild für die erfindungsgemäße Ermittlung einer Motormomentenvorgabe für den Elektromotor zur Einstellung des Überlagerungswinkels, und

Fig.6 ein Blockschaltbild für die erfindungsgemäße Ermittlung eines Feldschwächestroms und eines Sollstroms zur Ansteuerung des Elektromotors.

Die Grundstruktur des erfindungsgemäßen Verfahrens ist in Fig.1 schematisch dargestellt.

Bei der Grundlenkfunktion wird aufgrund des vom Fahrer eingestellten Lenkradwinkels δ_H 50 über eine feste oder variabel vorgebbare Getriebeübersetzung $i_{L,ESAS}$ 51 der Fahrerlenkwunsch δ_{DRV} 52 als Lenkwinkel-Sollwert 53 $\delta_{L,soll}$ (Eingangsgröße) für den Lenkungsregelkreis 54 berechnet. Die Grundlenkfunktion beinhaltet dabei im wesentlichen die Wahl einer der gegenwärtigen Fahrsituation, z.B. der erfassten Fahrzeuglängsgeschwindigkeit, entsprechenden Lenkübersetzung $i_{L,ESAS}$. Der Aktuator der Lenkung wird dann entsprechend einem Lenkwinkel δ_L 55 (Ausgangsgröße des Regelkreises 54), angesteuert.

Durch eine -im Grundsatz fahrerwunschunabhängige- Anpassung der Stellung der gelenkten Räder kann die Fahrstabilität einerseits als auch die Agilität des Fahrzeugs erhöht werden. Dazu wird dem Fahrerlenkwunsch δ_{DRV} 52 ein zusätzlicher fahrdynamikabhängiger Lenkwinkel $\Delta\delta$ 56 auf Grundlage eines korrigierenden Eingriffs eines Fahrdynamikreglers 57 additiv überlagert 58. Als Ergebnis entsteht der Lenkwinkel-Sollwert $\delta_{L,soll}$.

Die Struktur des Verfahrens zeigt Bild 2. Beim Überlagerungsgetriebe wirkt der Fahrerlenkwinkel δ_H als

Eingangsgröße 1 über ein mechanisches Getriebe 2 mit einem Übersetzungsfaktor i_{L1} direkt auf das Lenkgetriebe 3 ($i_{L1} \cdot \delta_H$) 19. Der von einem Motor eingestellte Zusatzlenkwinkel δ_M 16 wirkt über ein zweites Getriebe 17 mit einem Übersetzungsfaktor i_{L2} und wird dem übersetzten Fahrerlenkwinkel additiv überlagert:

$$\delta_L = i_{L1} \cdot \delta_H + i_{L2} \cdot \delta_M$$

Als Ausgangsgröße wird durch das Lenkgetriebe 3 ein resultierender Lenkwinkel δ_V erzeugt, der auf das Fahrzeug einwirkt.

Die Fahrdynamik des Fahrzeugs 5, insbesondere das Giermoment um die Hochachse des Fahrzeugs 5 sowie die Querbefschleunigung, werden ermittelt. Die fahrdynamischen Größen 7 und der Fahrerlenkwinkel δ_H 8 werden einem Fahrdynamikregler 6 als Eingangsgrößen zugeführt. Fahrdynamische Lenkeingriffe werden von dem Fahrdynamikregler 6 als ein Zusatzlenkwinkel $\Delta\delta$ 9 einem Lenkungsregler 10 als Eingangsgröße zugeführt. Ebenso wird dem Lenkungsregler 10 der Fahrerlenkwinkel δ_H 11 und ein Wert für die aktuelle Fahrzeuggeschwindigkeit 12, insbesondere die Fahrzeugreferenzgeschwindigkeit aus dem Fahrdynamikregler 6 oder einem ABS-Regler, als Eingangsgröße zugeführt. Der Lenkungsregler 10 steuert den Aktuator 14 der Überlagerungslenkungsfunktion an 15.

Der Aktuator, insbesondere ein Elektromotor 14, erzeugt einen zusätzlichen Lenkwinkel δ_M , der über ein Getriebe 17

mit einem Übersetzungsfaktor i_{L2} auf das Lenkgetriebe 3 ($i_{L2} \cdot \delta_M$) wirkt 18. Das Getriebe 2 und Getriebe 17 sind hier nur zur Veranschaulichung als zwei einzelne „Getriebe“, dargestellt. Die zwei Übersetzungen der Getriebe 2 und 17 werden aber vorzugsweise durch eine einzige Getriebeeinheit, insbesondere ein Planetenradgetriebe, realisiert.

Wie bereits Fig. 1 zu entnehmen ist, wird der als externer Stelleingriff des Fahrdynamikreglers 6 zu betrachtende Zusatzlenkwinkel $\Delta\delta$ dem Soll-Lenkwinkel δ_{DRV} der Grundlenkfunktion additiv überlagert 58. Der aus dieser Addition resultierende Lenkwinkel-Sollwert $\delta_{L,soll}$ wird der Regelung der Überlagerungslenkung zugeführt.

Aus der additiven Überlagerung vom Fahrerlenkwinkel und vom Aktuator aufgebrauchten überlagerten Lenkwinkel resultiert ein Summenlenkwinkel δ_L 21, aus dem als resultierende Ausgangsgröße durch das Lenkgetriebe 3 ein resultierender Lenkwinkel δ_v erzeugt wird, der auf das Fahrzeug entsprechend der gewünschten Lenkfunktion einwirkt.

Der resultierende Lenkwinkel δ_L 21 wird dem Lenkungsregler 10 als Eingangsgröße zur Verfügung gestellt 22, ebenso der zusätzliche Lenkwinkel δ_M 23. Auch dem Fahrdynamikregler 6 wird der resultierende Lenkwinkel δ_L als Eingangsgröße zur Verfügung gestellt 26. Auch Signale oder gemessene Größen der Aktuatorik, des Elektromotors 14, werden dem Lenkungsregler 10 zugeführt 24.

Fig.3 zeigt die Bestimmung des Lenkwinkel-Sollwerts $\delta_{L,soll}$ und bei Bedarf einer Motordrehzahl-Vorgabe $\omega_{M,vor}$ 44 in einem Sollwertbildner 30 sowie die Bestimmung des Istwerts $\delta_{L,ist}$ in einem Istwert-Bildner 31, die als Eingangsgrößen 32,33 des hier betrachteten Lenkungsreglers 34 dienen. Aus Ausgangsgrößen wird ein einzustellendes Motormoment $M_{mot,soll}$ 35 bzw. ein momentenbildender Motorstrom $i_{q,soll}$ erzeugt. Diese Größen sind, ebenso wie eine Kommutierung des Motors (im Falle einer elektronischen Kommutierung) dem Elektromotor zugeordnet.

Regelgröße des Lenkungsreglers 34 ist dabei der Lenkwinkel δ_L , der entweder direkt gemessen wird und dem Istwert-Bildner 31 zugeführt wird 36, oder der mit Hilfe des Motorwinkels δ_M 37 und des Fahrerlenkwinkels δ_H 38 unter Berücksichtigung der Übersetzungsverhältnisse des Überlagerungsgetriebes im Istwert-Bildner 31 berechnet werden kann. Als interne Regelgröße wird die Motordrehzahl $\omega_{M,ist}$ 40 benutzt, welche sich aus dem gemessenen Motorwinkel durch Differentiation berechnen lässt.

Dem Sollwert-Bildner werden ebenfalls der Fahrerlenkwinkels δ_H 41 sowie der Zusatzlenkwinkel $\Delta\delta$ 42 und die Fahrzeuggeschwindigkeit V_{KFZ} 43 zugeführt.

Fig.4 zeigt die Bestimmung des Lenkwinkel-Sollwertes $\delta_{L,soll}$ 32 genauer.

Die resultierende Lenkübersetzung $i_{L,ESAS}$ 60 entspricht dem Verhältnis aus dem Winkel der gelenkten Räder

(Radeinschlagwinkel) δ_v zum Fahrerlenkwinkel δ_H . Sie ergibt sich durch zwei Verstärkungsfaktoren K_1 61 und K_2 62, die multiplikativ mit der Serienlenkübersetzung $i_{L,serie}$ verknüpft sind durch folgende Formel:

$$i_{L,ESAS} = \delta_v / \delta_H = i_{L,serie} / (K_1 * K_2)$$

Die Verstärkungsfaktoren repräsentieren dabei einen lenkradwinkelabhängigen 63 Anteil K_1 und einen fahrzeuggeschwindigkeitsabhängigen 64 Anteil K_2 . Sie können frei nach fahrdynamischen Gesichtspunkten bzw. nach Fahrervorgaben gewählt werden. Zur Berechnung des Lenkwinkel-Sollwerts $\delta_{L,soll}$ und der Motordrehzahl-Vorgabe $\omega_{M,vor}$ 66 wird ebenso der Zusatzlenkwinkel $\Delta\delta$ 67 berücksichtigt und nach einer Interpolation und Anstiegsbegrenzung 68 ein korrigierter Zusatzlenkwinkel $\Delta\delta_{IPO}$ 69 dem Fahrerwunsch $\delta_{soll,DRV}$ 70 überlagert 71.

Die Motordrehzahl-Vorgabe $\omega_{M,vor}$ 66 wird aus der zeitlichen Ableitung des Lenkwinkel-Sollwerts $\delta_{L,soll}$ und des Fahrerlenkwinkels δ_H durch folgende Formel berechnet 72:

$$\omega_{M,vor} = (\dot{\delta}_{L,soll} - i_{L1}\dot{\delta}_H) / i_{L2}$$

Fig.5 zeigt die Lenkwinkelregelung genauer. Diese ist von der Grundstruktur eine Kaskadenregelung. Zur Erhöhung der Regelkreisdynamik wird eine Vorsteuerung der Sollgeschwindigkeit des Motors vorgenommen. Die Sollgeschwindigkeit $\omega_{M,soll}$ wird dabei aus der Motordrehzahl-

Vorgabe $\omega_{M,vor}$ 81 und der Motordrehzahl-Sollvorgabe $\omega_{M,reg}$ 93, die als Ausgangsgröße des Winkelreglers aufgrund des Vergleichs des Lenkwinkel- Sollwerts $\delta_{L,soll}$ mit dem ermittelten Lenkwinkel-Istwerts $\delta_{L,ist}$ ermittelt wird, gebildet 83. Damit der Lenkkomfort besonders bei langsamen Lenkbewegungen nicht durch die Vorsteuerung beeinträchtigt wird, findet eine Gewichtung des Vorsteuerwertes abhängig von der gewünschten Motorgeschwindigkeit statt 83,84.

Aus der Sollgeschwindigkeit $\omega_{M,soll}$ 80 und dem Vergleich mit der ermittelten Motor-Istgeschwindigkeit $\omega_{M,ist}$ 88 wird durch einen Motordrehzahlregler 85 das Motor-Sollmoment $M_{mot,soll}$ 86 bzw. ein momentenbildender Motor-Sollstrom $I_{q,soll}$ 87 erzeugt, mit dem der Motor angesteuert werden soll.

In bestimmten Betriebsfällen kann eine größere Motordrehzahl als verfügbar erforderlich werden. In diesem Fall kann durch den Einsatz einer Feldschwächung eine bedarfsabhängige, kurzzeitige Erhöhung der Motordrehzahl ohne Reduktion des verfügbaren Motormoments erreicht werden. Damit verbunden ist eine kurzzeitige Erhöhung der Stromaufnahme. Als Bedarfsfall ist insbesondere das Vorliegen einer sehr direkten Lenkübersetzung sowie eine große Sollgeschwindigkeit seitens des Fahrers oder des Fahrdynamikregelsystems anzusehen. Die resultierende Reglerstruktur stellt eine Erweiterung der in Fig.5 gezeigten Struktur dar und ist in Fig.6 abgebildet. Die bezüglich Fig.5 gleichen Schritte und Elemente sind daher mit denselben Bezugszeichen versehen und werden im folgenden nicht näher erläutert.

Anhand des gegenwärtigen Istzustandes der Lenkung, d.h. anliegende Motor-Istgeschwindigkeit $\omega_{M,ist}$ 100 und der anliegende Lenkwinkel-Wert $\delta_{L,ist}$ 101, sowie des gewünschten Sollzustandes, d.h. Motordrehzahl-Vorgabe $\omega_{M,vor}$ 102 und Lenkwinkel-Sollwerts $\delta_{L,soll}$ 103 und der Verstärkungsfaktoren der Lenkübersetzung 106 wird über den Einsatz der Feldschwächung und die Höhe des Feldschwächstromes entschieden 104. Ist keine Feldschwächung des Motors erforderlich, dann ist der resultierende Feldschwächstrom $I_{d,soll}$ 105 Null, d.h. 0 A. Neben dem momentenbildenden Strom I_q 87 muss dann die Momentenregelung des elektronisch kommutierten Motors zusätzlich den feldschwächenden Stromwert I_d einregeln.

Patentansprüche

1. Verfahren zum Lenken eines Fahrzeugs mit einem Überlagerungslenkungssystem, bei dem ein vom Fahrer eingegebener Lenkwinkel und ein weiterer Winkel (Zusatzlenkwinkel) ermittelt wird und bei dem der eingegebene Lenkwinkel durch den Zusatzlenkwinkel nach Maßgabe weiterer Größen, insbesondere fahrdynamischer Größen, mittels eines Elektromotors überlagert werden kann,
dadurch gekennzeichnet, dass das Verfahren eine Lenkwinkelregelung mit unterlagerter Strom- bzw. Motormomentenregelung des Elektromotors aufweist.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet, dass ein Lenkwinkel-Istwert und ein Lenkwinkel-Sollwert ermittelt wird und nach Maßgabe eines Vergleichs zwischen dem Lenkwinkel-Istwert und dem Lenkwinkel-Sollwert ein Soll-Strom oder ein Soll-Motormoment erzeugt wird, durch den der Elektromotor den Zusatzlenkwinkel in das Lenkungssystem einbringt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet, dass auf Grundlage eines vom Fahrer eingestellten Lenkradwinkels δ_H 50 ein Fahrerlenkwunsch δ_{DRV} 52 ermittelt wird, wobei der Fahrerlenkwunsch δ_{DRV} 52 aus dem eingestellten

Lenkradwinkel δ_H 50 sowie einem fest oder variabel vorgebbaren Getriebeübersetzungsfaktor gebildet wird und der Getriebeübersetzungsfaktor entsprechend der gegenwärtigen Fahrsituation, insbesondere einer erfassten Fahrzeuglängsgeschwindigkeit und/oder einem Lenkradeinschlagwinkel gewählt wird, und dass auf Grundlage des so berechneten Fahrerlenkwunsches ein Lenkwinkel-Sollwert δ_{soll} ermittelt wird und der Lenkungsregelung zugeführt wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass der Fahrerlenkwinkel δ_H ermittelt wird und in Verbindung mit einem Übersetzungsfaktor i_{L1} , mit dem der Fahrerlenkwinkel direkt auf das Lenkgetriebe wirkt, additiv überlagert wird mit einem Zusatz-Lenkwinkel δ_M in Verbindung mit einer zweiten Übersetzung i_{L2} und dass ein überlagerter Lenkwinkel δ_L ermittelt wird und als Istwert $\delta_{L,ist}$ der Lenkungsregelung zugeführt wird, wobei der überlagerte Lenkwinkel δ_L ermittelt wird gemäß folgender Formel:

$$\delta_L = i_{L1} * \delta_H + i_{L2} * \delta_M$$

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass eine Fahrdynamikregelung (ESP-System) mit der Lenkungsregelung zusammenwirkt und dass wenn die Notwendigkeit eines stabilisierenden Eingriffs von der Fahrdynamikregelung erkannt wird ein

- zusätzlicher fahrdynamikabhängiger Lenkwinkel $\Delta\delta$ 56, ermittelt wird.
6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass der auf Grundlage eines korrigierenden Eingriffs eines Fahrdynamikreglers 57 erzeugte zusätzliche fahrdynamikabhängige Lenkwinkel $\Delta\delta$ 56 dem Fahrerlenkwunsch δ_{DRV} 52 additiv überlagert wird.
 7. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromotor nach Maßgabe weiterer Größen zusätzlich mit einem Feldschwächstrom angesteuert wird, zwecks Erhöhung der Motordrehzahl ohne Reduktion des verfügbaren Motormoments.
 8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, dass der Elektromotor zusätzlich mit einem Feldschwächstrom angesteuert wird, wenn eine sehr direkte Lenkübersetzung und/oder eine große Sollgeschwindigkeit gewünscht oder erforderlich ist.
 9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass auf Grundlage der Serienlenkübersetzung $i_{L, Serie}$ und durch einen lenkradwinkelabhängigen Verstärkungsfaktor K_1 und einen fahrzeuggeschwindigkeitsabhängigen Verstärkungsfaktor K_2 eine resultierende Lenkübersetzung $i_{L, ESAS}$, die dem Verhältnis der

gelenkten Räder δ_V zum Fahrerlenkwinkel δ_H entspricht, ermittelt wird nach folgender Formel:

$$i_{L,ESAS} = \delta_V / \delta_H = i_{L,serie} / (K1 * K2)$$

10. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass eine Vorsteuerung der Sollgeschwindigkeit des Motors $\omega_{M,soll}$ vorgenommen wird, die aus einer Motordrehzahl-Vorgabe $\omega_{M,vor}$ und einer Motordrehzahl-Sollvorgabe $\omega_{M,reg}$ ermittelt wird, wobei die Motordrehzahl-Sollvorgabe $\omega_{M,reg}$ auf Grundlage eines Vergleichs eines Lenkwinkel-Sollwerts $\delta_{L,soll}$ mit einem ermittelten Lenkwinkel-Istwerts $\delta_{L,ist}$ ermittelt wird und die Motordrehzahl-Vorgabe $\omega_{M,vor}$ aus der zeitlichen Ableitung des Lenkwinkel-Sollwerts $\delta_{L,soll}$ und des Fahrerlenkwinkels δ_H sowie einem Übersetzungsfaktor i_{L2} durch folgende Formel ermittelt wird:

$$\omega_{M,vor} = (\dot{\delta}_{L,soll} - i_{L1} \dot{\delta}_H) / i_{L2}$$

11. Computerprogramm, dadurch gekennzeichnet, dass es zur Durchführung eines Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche geeignet ist.
12. Lenkung für ein Fahrzeug mit einem an einer Lenksäule angeordneten Lenkrad, mit einem Lenkgetriebe, einem an der Lenksäule angeordneten Drehwinkelsensor, einem über ein Überlagerungsgetriebe auf die Lenksäule wirkenden Überlagerungsmotor, einem elektrischen

Lenksteller, einem Sensor zur Messung der Stellung der gelenkten Räder und mit einem Lenkungs-Steuergerät, dadurch gekennzeichnet, dass das Lenkungs-Steuergerät Mittel aufweist zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorherigen Ansprüche.

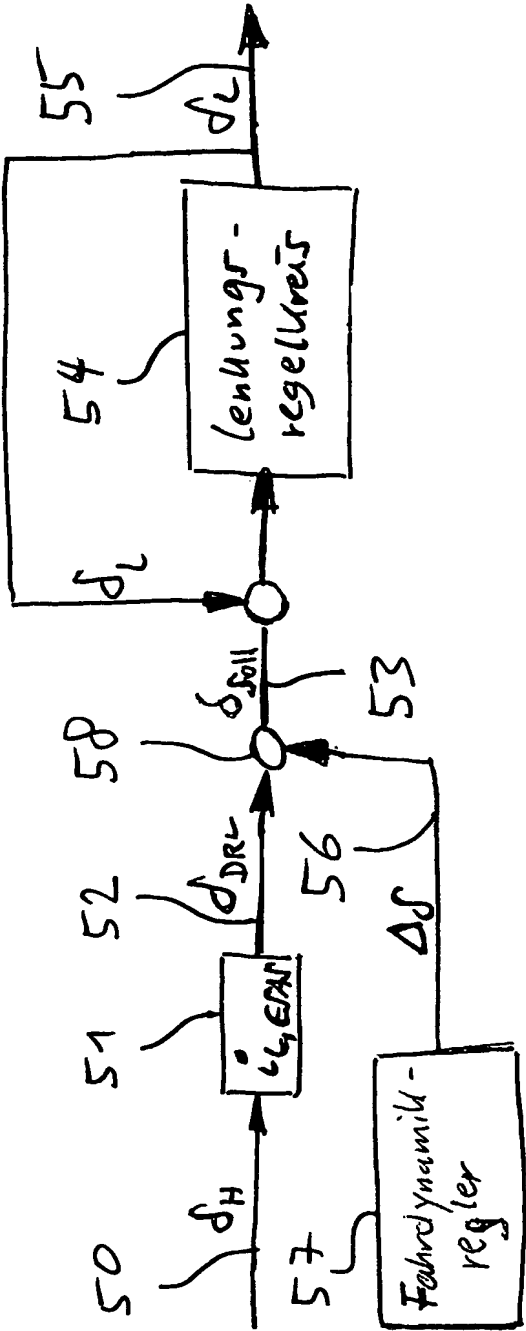


Fig. 1

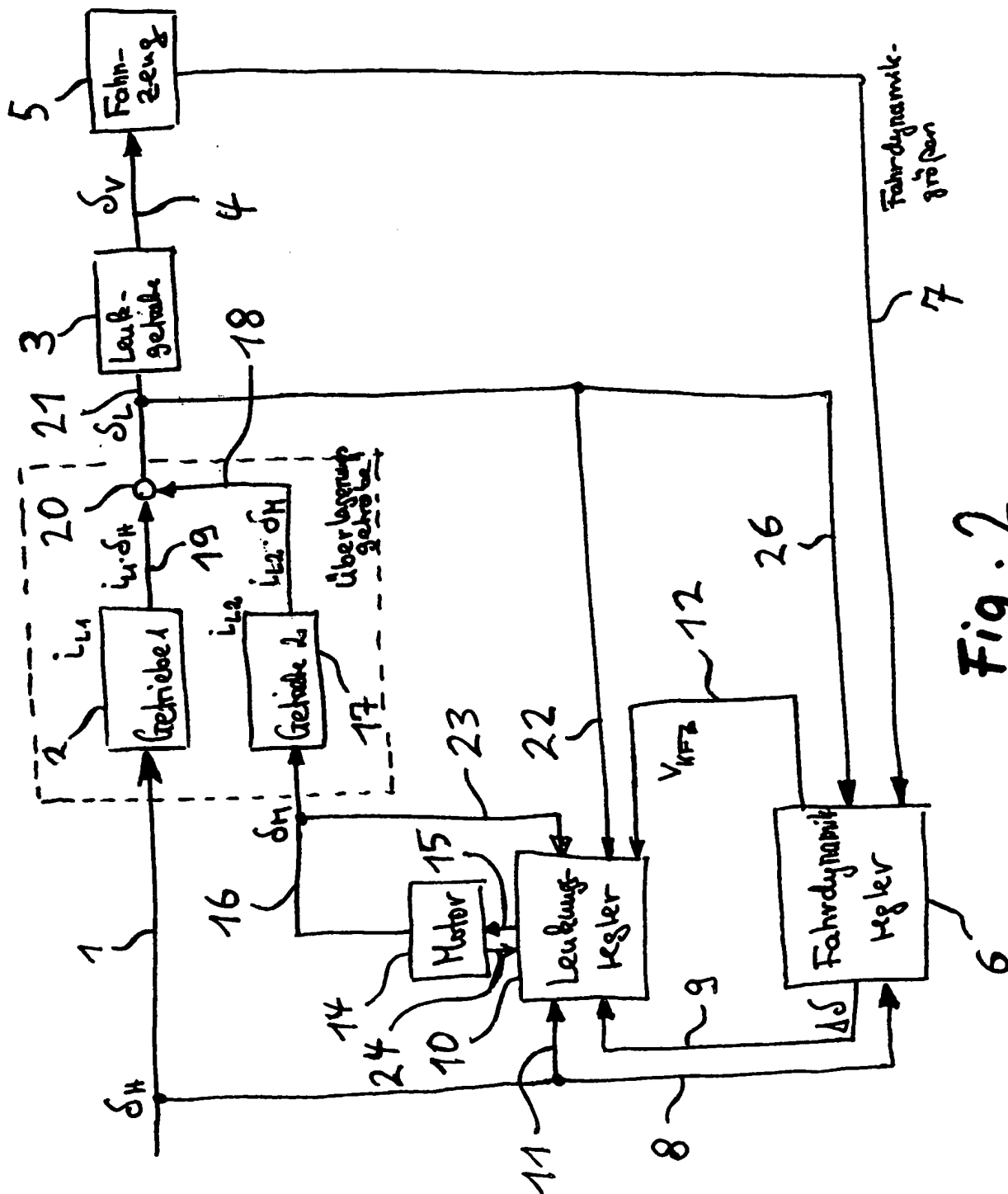


Fig. 2

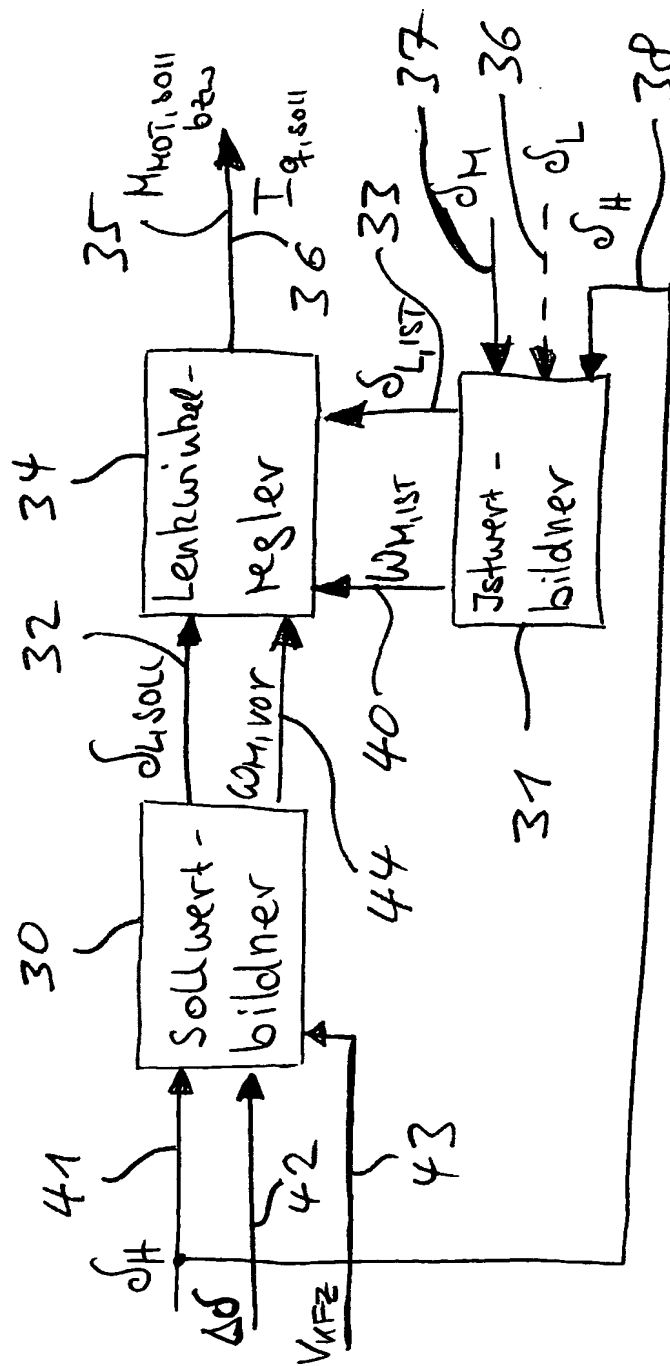


Fig. 3

4/6

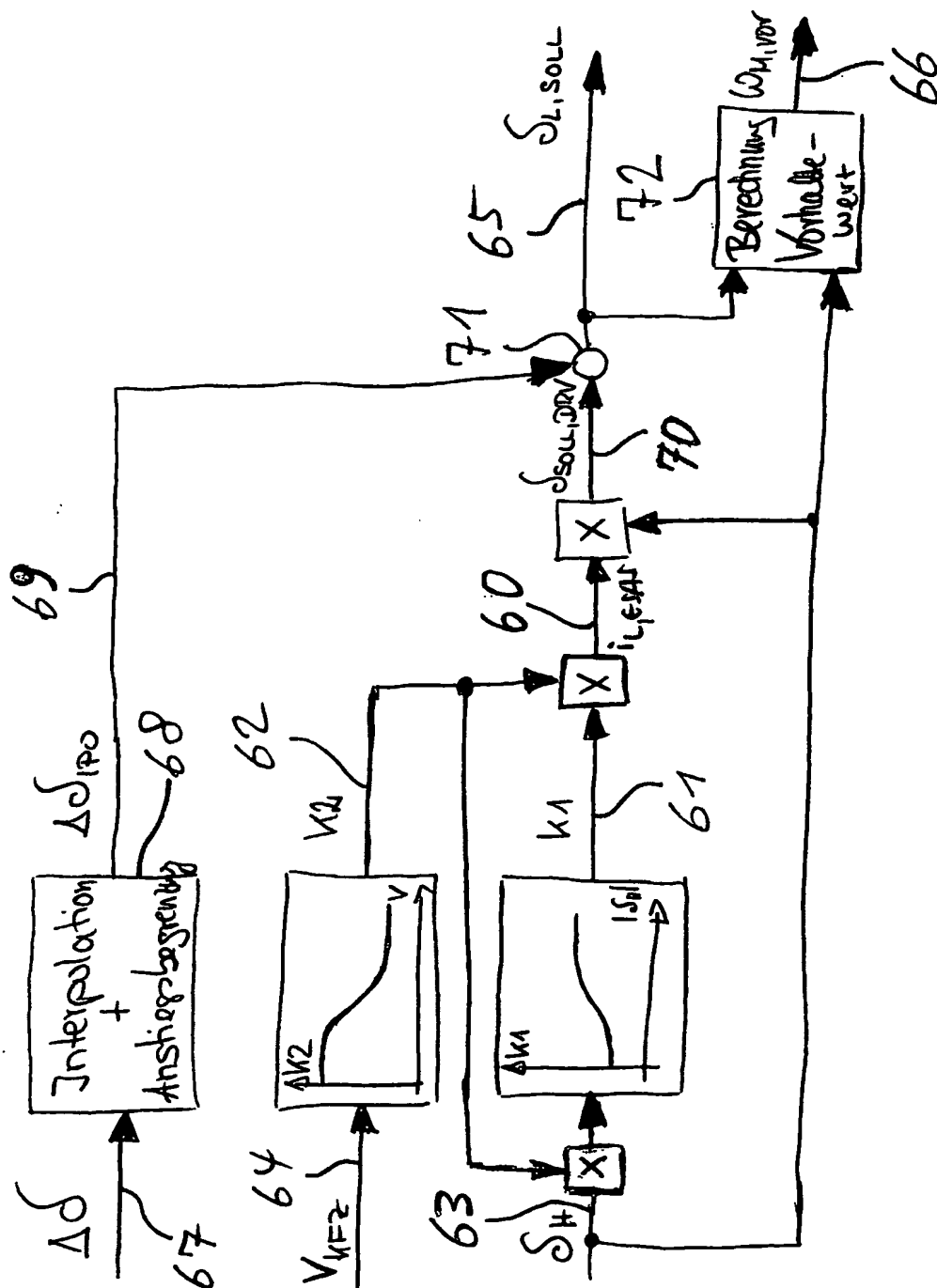


Fig. 4

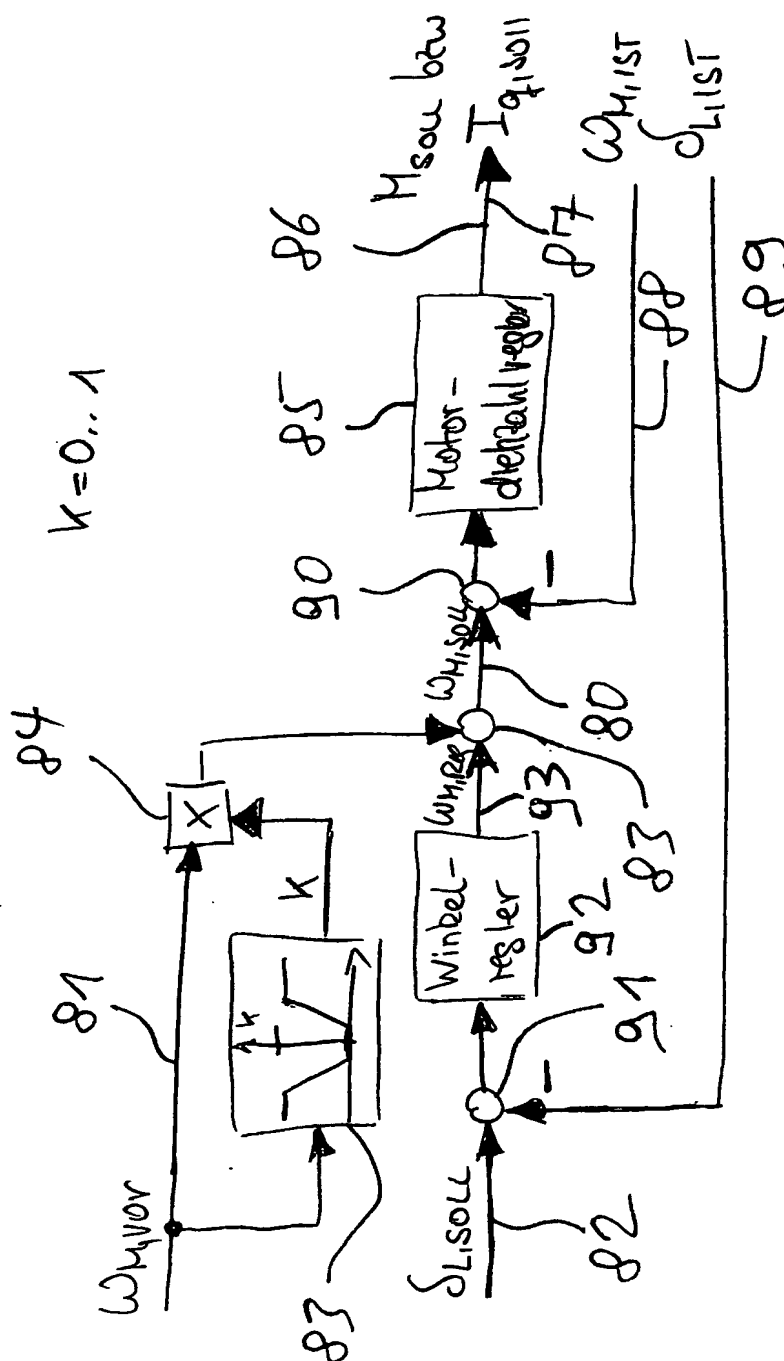


Fig. 5

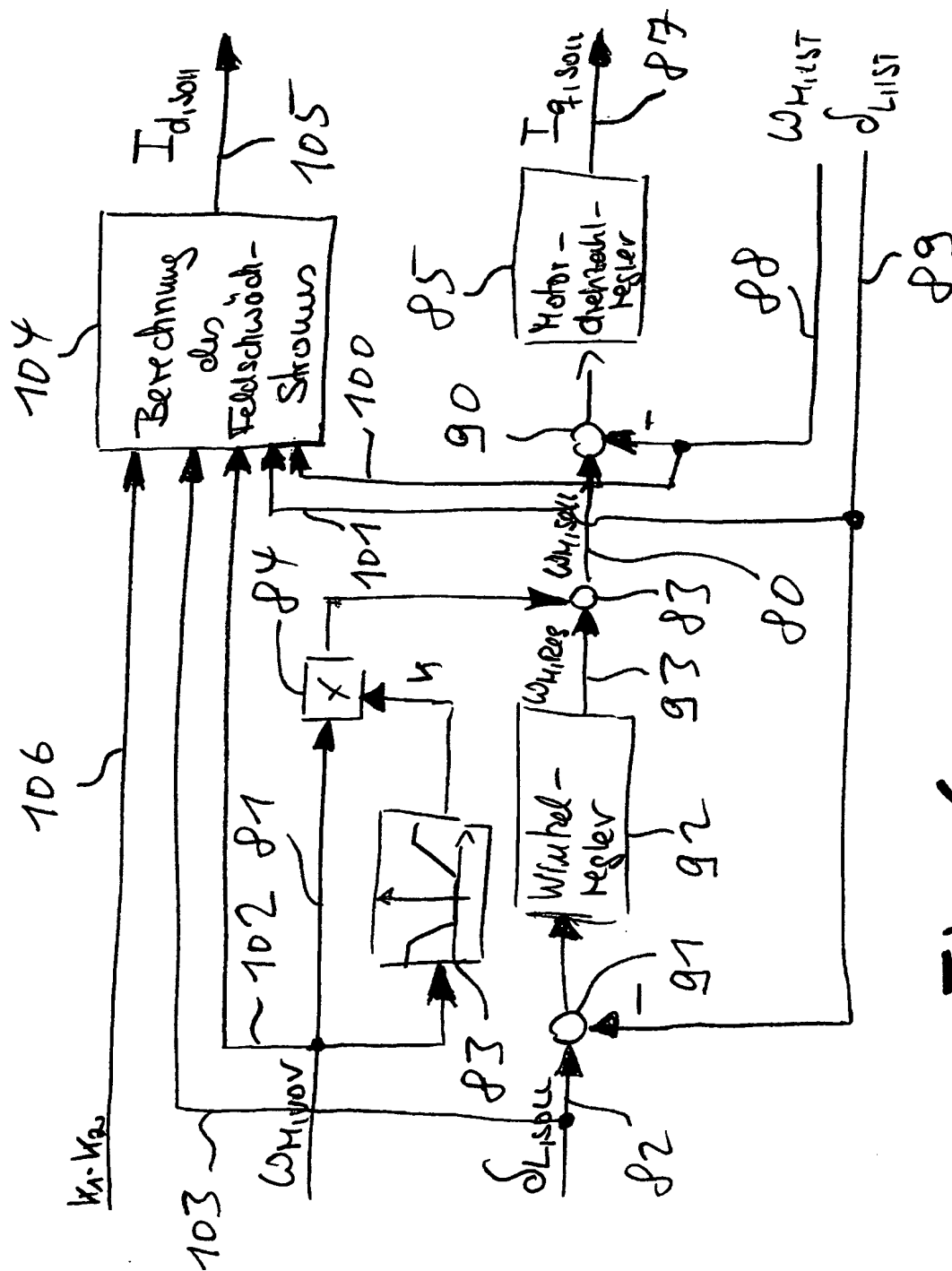


Fig. 6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International Application No

PCT/E 3/07107

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

IPC 7 B62D5/04

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

IPC 7 B62D

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	DE 197 51 125 A (BOSCH GMBH ROBERT) 24 September 1998 (1998-09-24) cited in the application column 3, line 37 - column 4, line 17; figures 1-3 -----	1-6,9, 11,12

☐

Further documents are listed in the continuation of box C.

☒

Patent family members are listed in annex.

* Special categories of cited documents :

- *A* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- *E* earlier document but published on or after the international filing date
- *L* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- *O* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- *P* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- *T* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- *X* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- *Y* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- * & * document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

23 October 2003

Date of mailing of the international search report

30/10/2003

Name and mailing address of the ISA

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Kulozik, E

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International Application No

PCT/ 3/07107

Patent document cited in search report		Publication date		Patent family member(s)		Publication date
DE 19751125	A	24-09-1998	DE	19751125 A1		24-09-1998
			JP	10315997 A		02-12-1998
			US	6226579 B1		01-05-2001

INTERNATIONALES RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/E 3/07107

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
IPK 7 B62D5/04

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPK) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPK

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
IPK 7 B62D

Recherchierte aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, PAJ, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	DE 197 51 125 A (BOSCH GMBH ROBERT) 24. September 1998 (1998-09-24) in der Anmeldung erwähnt Spalte 3, Zeile 37 - Spalte 4, Zeile 17; Abbildungen 1-3 -----	1-6,9, 11,12



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

- *A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
- *E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
- *L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
- *O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
- *P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

T Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

X Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

Y Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

& Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

23. Oktober 2003

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

30/10/2003

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Kulozik, E

Angaben zu Veröffentlichungen, die derselben Patentfamilie gehören

PCT/13/07107

Formblatt PCT/SA/210 (Anhang Patentfamilie)(Juli 1992)